



LA NOCHE EUROPEA DE LOS
INVESTIGADORES

EL ARTE Y LA CIENCIA DE LOS CRISTALES

26 de Septiembre de 2014 // 18:00 - 22:00 horas

Dpto. de Cristalografía y Mineralogía.
Museo de la Geología // CAI de Técnicas Geológicas
Facultad de CC Geológicas. UCM
C/ José Antonio Nováis nº 2. 28040 Madrid



Agregados de ADP ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$). Foto Mayte Evangelista

PROGRAMA

18:00 – 18:30.- Charla inaugural.

18:30 – 20:30.- Taller de cristalización en los laboratorios de crecimiento de cristales del Dpto. de Cristalografía y Mineralogía.

20:30 – 21:30.- Visitas guiadas (se harán dos grupos)

- Historia de la Cristalografía en el Museo de la Geología.
- CAI de Técnicas Geológicas. Observación de cristales mediante microscopía electrónica de barrido.

(En Facultad de CC Geológicas. UCM)

21:30 – 22:00.- Regreso al laboratorio de crecimiento de cristales a recoger las cristalizaciones realizadas y clausura de la actividad.

INVESTIGADORES

Dra. Victoria López-Acevedo

Dra. Sol López Andrés

Dra. Nuria Sánchez Pastor

Dr. Cristóbal Viedma

Dr. Juan Luis Martín-Vivaldi

Dr. José Manuel Astilleros

(Profesores del Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de CC Geológicas. UCM)

Dr. Xabier Arroyo Rey

(Técnico de Apoyo en el CAI de Técnicas Geológicas. UCM)

Dra. Josefina Perles

(Responsable Técnico de los Laboratorios de Difracción de Rayos X de Monocristal y Alta Resolución, SIdI. UAM)

Dra. Isabel López Valero

Profesional libre. Crecedora de cristales con aplicaciones industriales (biomédicas y quirúrgicas) y artísticas.

INVESTIGADORES



Dra. Victoria López-Acevedo



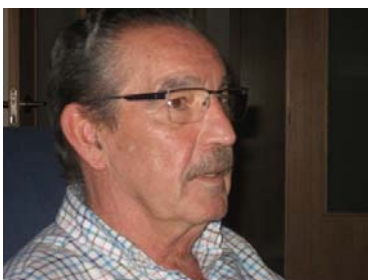
Dra. Sol López Andrés



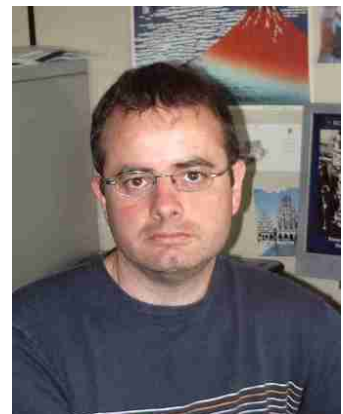
Dra. Nuria Sánchez Pastor



Dr. Cristóbal Viedma



Dr. Juan Luis Martín-Vivaldi



Dr. José Manuel Astilleros



Dr. Xabier Arroyo Rey



Dra. Josefina Perles



Dra. Isabel López Valero

ORGANIZAN



FINANCIA



COLABORAN



INTRODUCCIÓN

VIDEO PROMOCIONAL DEL AÑO INTERNACIONAL DE LA CRISTALOGRAFÍA

IUCr2014: DESCUBRE LO QUE LA CRISTALOGRAFÍA PUEDE HACER POR TI

El objetivo de este video promocional es anunciar el Año Internacional de la Cristalografía que se celebrará en 2014. Cristales y Cristalografía son conceptos frecuentemente desconocidos o malinterpretados por el público en general. La mayoría de los ciudadanos no tiene una idea clara de la diferencia entre “cristal” y “vidrio”, y muchos piensan que los cristales son tan solo piedras preciosas. Muy pocos son conscientes de que los cristales juegan un papel muy importante, incluso crucial, en nuestra vida cotidiana. De ahí el título elegido: **“DESCUBRE LO QUE LA CRISTALOGRAFÍA PUEDE HACER POR TI”**. Nuestro compromiso durante el próximo año 2014 será el dar a conocer a los ciudadanos de todo el mundo la enorme contribución de la cristalografía al bienestar social.

BIENVENIDO AL MARAVILLOSO MUNDO DE LOS CRISTALES

El video spot comienza con una vista de la bellísima geoda de Pulpí, en Almería (España), la mayor geoda de Europa. Se trata de una cueva de forma ovoide y de unas dimensiones de unos 8x2x2 metros, cuyas paredes están cubiertas por enormes cristales de yeso transparentes. Es un magnifico ejemplo de la estética del mundo cristalino, donde esos cristales semejan grandes bloques de hielo, recordándonos el origen griego de la palabra cristal, *krystallos*, agua superenfriada.

LOS CRISTALES ESTÁN EN CADA RINCÓN DE NUESTRA VIDA DIARIA

Te despierta una alarma que es un cristal piezoeléctrico en un reloj que mide el tiempo con un cristalito de cuarzo y ves que son las 7:30 en unos números dibujados por cristales líquidos. Te levantas de la cama y te yergues sustentada por un esqueleto de cristales. Te cepillas tus blancos dientes cristalinos con una crema basada en nanocristales de un material abrasivo. Bajas a la cocina y al café le pones azúcar cristalizada; te regalas un trocito de chocolate que consiste en uno y precisamente uno de los cinco polimorfos del cacao cristalizado. Te dispones a salir y, antes, te maquillas con una crema cuya base son pequeñísimos cristales de rutilo. Llamas con el móvil, gracias a los semiconductores fabricados con cristales de silicio, los mismos que usan las placas solares fotovoltaicas..., así podríamos seguir todo el día

ESTÁN EN NUESTRO CUERPO

Nuestros huesos –así como los dientes- están hechos de cristales de un tipo de fosfato de calcio llamado hidroxiapatito, que forma el esqueleto y nos permite permanecer en pie. Los cristales de calcita –un carbonato de calcio como el que forma la caliza- que se encuentran en el oído interno son los que controlan nuestro equilibrio.

¡No nos caemos gracias a los cristales! Gracias a la cristalografía se investigan materiales biocompatibles que imitan el tamaño y la textura de estos cristales de hidroxiapatito con los que se consiguen mejores prótesis, y también la creación de

nuevos materiales inspirados en las estructuras cristalinas que forman los organismos vivos, como las conchas de las caracolas, el coral o las perlas.

Y SE ENCUENTRAN EN LA NATURALEZA

Los minerales son los cristales que nos regala la naturaleza. La inmensa mayoría de los minerales que forman las rocas son cristales. Los propios copos de nieve no son otra cosa que agua cristalizada. En muchos casos, esos minerales exhiben las hermosas formas poliédricas de cantos afilados que nos hablan del orden interno de la materia cristalina. Las joyas y piedras semipreciosas suelen hallarse en la naturaleza como minerales cristalizados. Y más allá de eso, el estudio de las propiedades de los cristales naturales permite mejorar la tecnología de extracción y el beneficio de los metales en la minería moderna.

TAMBIÉN SON ESENCIALES EN LOS NUEVOS MATERIALES

La gran mayoría de materiales que utilizamos hoy en día, como los semiconductores, los superconductores, las aleaciones ligeras, los elementos de óptica no lineal, los catalizadores... son cristalinos; y también lo son los materiales llamados a diseñar nuestro futuro, como los cuasicristales o el grafeno.

Y EN LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

Las nuevas tecnologías utilizan cristales líquidos para los relojes y teléfonos, cristales para los láseres, semiconductores para los componentes electrónicos de los chips y los diodos emisores de luz (LEDs).

UTILIZAMOS LOS CRISTALES PARA FABRICAR MEJORES FÁRMACOS

Todos los fármacos han de cristalizarse para asegurar su pureza, conocer su estructura íntima a nivel molecular y mejorar su calidad. Gracias a la cristalografía podemos conocer y visualizar la disposición de los átomos y moléculas en el espacio... y aprovechar este conocimiento para comprender tanto el funcionamiento molecular de los medicamentos como la manera en que podemos mejorarlos. La cristalografía es crucial para la industria farmacéutica.

LOS CRISTALES NOS AYUDAN A ENTENDER Y PRESERVAR EL ARTE...

La conservación de las obras de arte es un problema relacionado con los materiales que componen la obra, que en la mayor parte de los casos están formados por diminutos cristales. Las modernas técnicas cristalográficas nos permiten identificar esos materiales y entender las reacciones que provocan su deterioro. Y en otros casos, como en el llamado “mal de la piedra” es la propia fuerza de cristalización de las sales la que provoca un problema que amenaza la conservación del patrimonio histórico y artístico a nivel universal.

...Y TAMBIÉN INSPIRAN EL ARTE

Los cristales y las teorías cristalográficas han jugado un papel importante en la construcción intelectual de las ideas de armonía y belleza. Por ejemplo, la repetición periódica de la materia característica de los cristales dibuja patrones que son similares a los de la decoración que encontramos en los mosaicos árabes de la Alhambra, y su estudio detallado basado en las teorías cristalográficas permite encontrar aún hoy en día nuevos diseños decorativos. Los conceptos de cristal y orden cristalino han alimentado históricamente una actitud intelectual hacia la armonía y la belleza, que se percibe claramente en las artes plásticas –como en los grabados de Escher- en la arquitectura y la filosofía. El arte purista o el cubismo, así como los sueños arquitectónicos de Le Corbusier que dibujan hoy el *skyline* de nuestras metrópolis, han sido inspirados por los cristales.

LOS CRISTALES MÁS BELLOS SE USAN COMO JOYAS...

Todos sabemos que las gemas más valiosas son cristalinas, como el diamante, el rubí o la esmeralda...

... Y TAMBIÉN PARA EMBELLECEER

... pero son pocos los que saben que la industria cosmética aprovecha las propiedades de los cristales: color y textura dependen de la forma y el tamaño de la fase cristalina empleada en su fabricación.

LOS CRISTALES NOS PROPORCIONAN MEJORES ALIMENTOS

Estamos familiarizados con los cristales de azúcar y sal que utilizamos en nuestra mesa a diario. La calidad y el sabor del azúcar moreno o del azúcar blanca depende de cómo se cristalizan; y tanto la sal común, como la Maldon o la *Fleur de Sel* tienen precios diferentes porque se cristalizan de forma diferente. Pero te sorprendería aún más saber que la calidad del chocolate depende de cómo cristalicen los ácidos grasos del cacao y que el sabor y la calidad del helado dependen del tamaño y la forma de los cristales de hielo que contiene. Y que el cascarón del huevo es un perfecto contenedor de proteínas fabricado con una exquisita disposición de cristales de carbonato cálcico.

Y DAN COLOR A NUESTRO MUNDO

Los pigmentos cristalinos ponen una nota de color en nuestras vidas. Pero sorprendentemente no son los pigmentos, sino la interferencia de la luz con la estructura cristalina de la quitina de las alas de las mariposas o de las plumas de las aves, lo que les da su bello color. La explotación de los llamados “colores estructurales” está buscando un futuro en la industria del diseño.

LOS CRISTALES AYUDAN A LA AGRICULTURA

La cristalización de fertilizantes, abonos y otros productos agroquímicos, debe realizarse cuidadosamente para satisfacer nuevas exigencias de calidad. La ingeniería agroquímica hace uso continuamente de la cristalización.

Y NOS PROPORCIONAN ENERGÍA VERDE

Los paneles solares fotovoltaicos emplean silicio cristalino para transformar la luz del sol en electricidad. El futuro de la energía solar depende de la obtención de nuevos cristales de compuestos III-V. La zeolita, un material cristalino de alta porosidad, juega un papel esencial en el refinado de petróleo para conseguir un combustible mejor y más limpio. La industria de la energía usa tecnología cristalográfica para crear un planeta más limpio.

CRISTALES DESEDE EL ESPACIO...

La historia de los estados iniciales de nuestro planeta y del Sistema solar está encerrada en los cristales que forman los meteoritos. Y es muy posible que los minerales cristalizados hayan jugado un papel crucial en las reacciones prebióticas, es decir, los senderos químicos que nos conducen al origen de la vida.

...Y PARA EL ESPACIO

Descubrir la composición mineral de Marte, la Luna y el espacio exterior es el primer paso para conocer los lugares que estamos destinados a visitar y, tal vez, a vivir en ellos. Es también una información esencial para saber si estamos solos en el universo. La cristalografía nos proporciona la tecnología necesaria para conocer la composición mineral de otros mundos.

CRISTALES PARA ENTENDER LA VIDA

Hoy por hoy no contamos con microscopios que tengan la suficiente potencia para observar la estructura íntima de los materiales. Gracias al desarrollo de la teoría de la difracción y a la capacidad de cristalizar enormes y complejas macromoléculas biológicas, los cristalógrafos pueden descubrir la estructura atómica de los ácidos nucleicos y las proteínas. Así, estamos capacitados para entender las relaciones entre la estructura atómica y la función bioquímica de esas moléculas que son la clave para entender la vida, es decir, para entender cómo funciona la vida a nivel molecular.

CRISTALES PARA SALVAR VIDAS

Gracias a dichos métodos, los cristalógrafos revelaron, por ejemplo, la estructura helicoidal del ADN, cómo la hemoglobina transporta el oxígeno y cómo funciona la hormona de la insulina. Y es la cristalografía y las técnicas cristalográficas la que nos ha permitido conocer la estructura del centro activo de la proteína diana involucrada en el sida, y diseñar los compuestos farmacéuticos que permitan bloquearlo. El diseño

racional de fármacos es una herramienta de base cristalográfica para combatir la inmensa mayoría de las enfermedades.

**TE VAMOS A SORPRENDER. DESCUBRE LO QUE LA CRISTALOGRAFÍA PUEDE HACER
POR TI BIENVENIDO AL FASCINANTE MUNDO DE LOS CRISTALES**

El video spot finaliza con una animación que nos muestra las dos grandes ideas sobre las que se levanta la cristalografía. La primera es el descubrimiento en el siglo XIX de que los cristales son el resultado de la distribución periódica de unidades de materia – ya sean átomos, moléculas o macromoléculas- y de que, como resultado de ese orden interno, los cristales desarrollan formas poliédricas externas con una simetría precisa. La segunda idea, descubierta a principios del siglo XX, consiste en que la interacción de los cristales con un haz de rayos X produce patrones de difracción, una constelación de puntos exactamente ordenados, que contienen información sobre la estructura íntima de las moléculas que forma los cristales. Los cristalógrafos han sido capaces de desarrollar herramientas teóricas y experimentales para deconstruir ese conjunto de puntos y convertirlos en imágenes de las moléculas de cualquier tipo de material, desde la sal común de mesa o los medicamentos más eficaces, hasta las complejas moléculas de la vida: ácidos nucleicos, virus y proteínas. Y con esa información imprescindible hemos hecho posible los avances más cruciales de la medicina, la ingeniería de materiales, la química, la geología o la farmacología; con ello hemos contribuido y contribuimos al bienestar social. No es extraño que el comité Nobel haya premiado a esta disciplina en veintisiete ocasiones.

BIENVENIDO AL AÑO INTERNACIONAL DE LA CRISTALOGRAFÍA (IYCr2014)

*Idea, guión y dirección: Juan Manuel García-Ruiz, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
Realización: Javier Trueba, Madrid Scientific Films (MSF)*

<http://www.madrimasd.org/blogs/quimicaysociedad/files/2013/12/Nota-de-prensa-video-An%CC%83o-de-la-Cristalografi%CC%81a.pdf>

RECETAS

JARDINES MINERALES



Se prepara una disolución de silicato sódico a partir de otra disolución de silicato sódico (Na_2SiO_3) comercial. La marca de este silicato es importante (puede variar su densidad, etc). Por ejemplo, el que se compra en RIESGO requiere las siguientes proporciones: 50 ml de dicho silicato sódico comercial, con 150 ml de agua (o una parte de disolución de silicato sódico por tres de agua: 50 ml sil + 150 ml agua = 200 ml de mezcla). No obstante conviene hacer siempre una pequeña prueba antes de preparar grandes volúmenes.

Esta mezcla se vierte en recipientes de vidrio (tubos de ensayo, tarros de mermelada, etc.).

Una vez hecho esto se añaden (procurando que lleguen al fondo del recipiente) algunos granos (mejor granos que polvo y no demasiado grandes) de alguno de los productos de la lista siguiente. En breve se ve cómo van creciendo unos filamentos arborescentes:

- **Sulfato de manganeso** ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$): Es un polvo ligero, pero queda bonito. Filamentos color caramelo muy clarito. En experimentos anteriores salieron blancos (poco llamativos) y citan la fórmula sin H_2O .
- **Sulfato de cobre** ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Se obtienen cristales muy espectaculares -aunque tardan un poco más en desarrollarse que los de otras sales- color azul turquesa. Han sido identificados mediante DRX [JarCu] como brochantita ($\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$).
- **Cloruro de níquel** ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Asombra la rapidez con que se desarrollan. Color verde brillante. Amorfo con DRX.
- **Sulfato de hierro** ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Filamentos muy finos, verde oscuro, con apariencia y color de algas acuáticas. Muy frágiles. Conviene prepararlos para enseñar. No es fácil retirar el silicato para echar agua destilada. Con el tiempo se oxidan a marrón oscuro. Amorfo con DRX.
- **Cloruro de cobre** ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Reacciona inmediatamente. A veces tan deprisa que no da tiempo de que llegue al fondo y forma estalactitas. Da formas caprichosas de color verde turquesa. Atacamita en DRX [JarQCl].
- **Cloruro de cobalto** ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). De color azul marino, crecen muy rápido.
- **Sulfato de cobalto** ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$): Enseguida pasan del rosa a azul oscuro-verde. Finos y frágiles. Hay que dejarlo evolucionar.
- **Nitrato de níquel** ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

A veces, los cristales o filamentos son muy consistentes y quedan perfectamente adheridos al fondo del recipiente, con lo que se puede vaciar la disolución de silicato sódico y reemplazarla por agua (la disolución de silicato sódico, con el tiempo, se va enturbiando y poniendo fea). No valen: $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (polvo demasiado ligero, se queda en la superficie y crece poco) // FeO_3 //...

BOSQUE DE ASPIRINAS



- 10 g de aspirinas (1 caja entera –BAYER–)
- 600 ml de agua destilada

Se disuelven y se dejan reposar en un bote tapado. Al día siguiente se tiene un sedimento blanco en el fondo del frasco.

Al cabo de un mes (+/-) se empiezan a observar pequeños cristales prismáticos transparentes emergiendo del sedimento blanco del fondo.

CRISTALIZACIÓN EN SOLUCIÓN ACUOSA DEL FOSFATO MONOAMÓNICO $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

El fosfato monoamónico es un compuesto ideal para iniciarse en la cristalización en solución porque el sistema experimental es muy sencillo como veréis y no precisa el uso de materiales caros, no es tóxico, ni peligroso, es fácil de conseguir y de utilizar.

Se trata de una sal soluble en agua, cuya solubilidad aumenta con la temperatura de la solución, es decir, es más soluble a mayor temperatura, como la sal común.

Vamos a llevar a cabo la cristalización en dos etapas y a usar dos de las técnicas de cristalización en solución. Primero prepararemos las semillas con las técnicas de cristalización en solución mediante descenso de temperatura y de cristalización por evaporación del solvente. Después haremos crecer las semillas mediante la técnica de cristalización en solución por descenso de temperatura.

Al final del proceso de cristalización (*) que vamos a realizar, podremos tener agregados cristalinos como los de las fotografías:

(*) Se habla “del final del proceso de cristalización” porque los cristales requieren un tiempo para crecer. Una vez preparados los experimentos se deben dejar en un sitio tranquilo, en el que vaya a haber pocas variaciones de temperatura. Al cabo de tres días (+/-) se pueden abrir y recuperar los cristales.



Primera etapa - Cristalización de las semillas

Materiales

300 g de fosfato monoamónico, 500 ml de agua destilada, 2 láminas de aluminio de 10 x 6 cm, 1 recipiente para calentar el agua, 1 recipiente plano tipo bandeja, 1 varilla o espátula para agitar la solución.

Experimento

Poner a calentar el fosfato monoamónico, el agua y las láminas de aluminio evitando la evaporación, removiendo hasta que se disuelvan todos los cristales. No dejar el aluminio en la solución más de diez minutos.

Cuando se haya disuelto todo el fosfato, retirar del calor, poner en la bandeja, cubrir para dejar enfriar lentamente. Cuando la bandeja ya no quema añadir unos pocos granos de fosfato por toda la bandeja (como quien pone sal a un asado).

Al día siguiente destaparlo con cuidado de no moverlo. En un par de días o tres habrá agregados de cristales en el fondo del cristizador de 1 cm aproximadamente. Entonces sacarlos, ponerlos a secar sobre un papel absorbente y una vez secos trocearlos en fragmentos de 1,5 cm ó 2 cm, no tienen por qué ser regulares.



Para sembrar hay que elegir el trocito que parezca la miniatura del agregado de cristales que queremos tener al final de todo el experimento, el que más nos guste. Este será el que utilizemos como semillas.

Pegar el pequeño fragmento que hemos elegido en un trocito de piedra limpia y seca, que tenga un lado plano para que haga de base y que sea un poquito mayor que las semillas.

Así habremos cristalizado y preparado las semillas sobre un soporte estable para pasar a la siguiente etapa.

Segunda etapa - Crecimiento de los cristales

Materiales

300 g de fosfato monoamónico, 500 ml de agua destilada, 2 láminas de aluminio de 10 x 6 cm, 1 recipiente para calentar el agua. Como cristalizador usaremos 1 recipiente cilíndrico, de unos 10 cm de diámetro (preferible que sea de plástico, en cualquier caso que la base sea menor que la boca) y 1 varilla o espátula para agitar la solución mientras la calentamos.

Experimento

Como en la preparación de las semillas, hay que poner a calentar el agua con el fosfato y las láminas de aluminio (atención para no dejar el aluminio más de 10 minutos). Si queremos que tengan un color determinado, añadiremos también una cucharadita de colorante.

Cuando los cristales estén completamente disueltos poner en el cristalizador y éste, dentro de una caja aislante, aunque sea de cartón. Tapar y dejar que la temperatura descienda muy lentamente. Cuando esté a unos 40°C (un poco más caliente que la temperatura del cuerpo humano, que no queme al meter un dedo con mucho cuidado, solo se note muy caliente), introducir en la solución con mucha delicadeza la piedra con las semillas pegadas. Depositarla en el fondo del cristalizador y asegurarse de que queda centrada, para que al crecer los cristales no toquen las paredes del cristalizador y así salgan enteros.

Cubrir y proteger para que el descenso de temperatura sea muy lento. No destapar hasta tres días más tarde, ni tocar porque cuanto más quieto esté el entorno y más constante y lentamente baje la temperatura, más bonitos serán los cristales.

A los tres días sacarlos del cristalizador y ponerlos a secar sobre un papel absorbente. Limpiar los bordes, recortarlos si se quiere, todo ello muy delicadamente.

Y siempre recordar que se disuelven en agua y que son frágiles.

Web "CRISTALIZACIONES" de Isabel López Valero: <http://crystallisations.com/>

ARBOLITOS QUE SE NIEVAN SOLOS



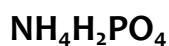
Es un experimento ideal para hacerlo con niños pequeños.

- Bolas de papel Albal con trozos tamaño folio, que no queden demasiado apretadas.
- Se clavan en palillos extralargos, como los de los pinchos morunos.
- Se cuecen un poco –sin soltarlos del palillo– en una marmita donde se esté preparando una disolución sobresaturada de ADP, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, (aprox. 600 g / 1 litro de agua).
- Se sacan, se colocan en un florero o se clavan en una maceta o... Al poco empieza a cristalizar el ADP y el arbolito se nieva solo.

La disolución sobrante se puede aprovechar:

- Siguiendo el procedimiento descrito para obtener los monocristales y agregados de ADP.
- Si la disolución sobrante o parte de ella se vierte en un recipiente abierto o bandeja y se deja evaporar, en poco tiempo (dependiendo del calor que haga) se formará un verdadero jardín de dendritas.
- Si se echa en recipientes de vidrio (botes de mermelada, etc.) y se deja que se enfríe tranquilamente, al día siguiente pueden haberse formado bonitos cristales en el fondo, visibles a través de las paredes del bote. Se recomienda vaciar la disolución, lavarlos un poco (poco para evitar que se disuelvan) y dejarlos cabeza abajo hasta que escurran bien.

CRISTALIZACIÓN SOBRE PAPEL DEL FOSFATO MONOAMÓNICO



Si alguna vez nos olvidamos un cazo con agua y sal en el fuego y el agua se evapora del todo, nos encontraremos sólo la sal cristalizada en el fondo y las paredes del cazo. Seguramente los cristales son tan pequeños, que no se ve su forma, ni su transparencia y brillo habituales, pero habremos recuperado la sal que habíamos puesto inicialmente. Aunque este ejemplo podría servirnos para ayudar a entender el método de cristalización de sales solubles en solución por la técnica de evaporación del solvente, preferimos para ello imaginar el proceso en una salina costera del Mediterráneo. Llenan enormes balsas, no muy profundas pero muy extensas, con agua marina. Aunque al principio el agua contenga sal disuelta en una determinada proporción, a medida que se va evaporando, aumenta la concentración en sal. Cuando ya se ha evaporado tanta agua que ya no le cabe más sal disuelta en ella, la sal empieza a cristalizar y sigue cristalizando poco a poco hasta agotarse el agua, momento en que la cosechan.

Para hacer este experimento podríamos utilizar la sal marina o cualquier sal soluble en agua, pero hemos elegido el fosfato monoamónico porque es uno de los compuestos que ya hemos cristalizado hoy y por los motivos que mencionamos en el experimento al que nos referimos.

Nuestro objetivo es cristalizar sobre papel, pintar o dibujar con soluciones que cristalizarán a medida que se vayan secando. Estas microcristalizaciones que cubrirán parte o la totalidad de nuestro cuadro, pueden ser muy bellas.

Materiales

Agua a temperatura ambiente, fosfato monoamónico $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, una lámina de aluminio de 7 x 7 cm, colorantes solubles en agua de calidad alimentaria, papel de dibujo de 100 g/m², o de acuarela, uno o varios recipientes tipo frasco, o vaso (tantos recipientes como colores se quiera utilizar), pinceles de pelo sintético, un paquete de cucharitas de café de plástico y un plástico, cartón o bandeja (*)

Las cantidades de fosfato y de agua dependerán del número de colores que queramos usar; por cada color necesitamos 25 ml de agua, 15 g de fosfato y 2 g de colorante.

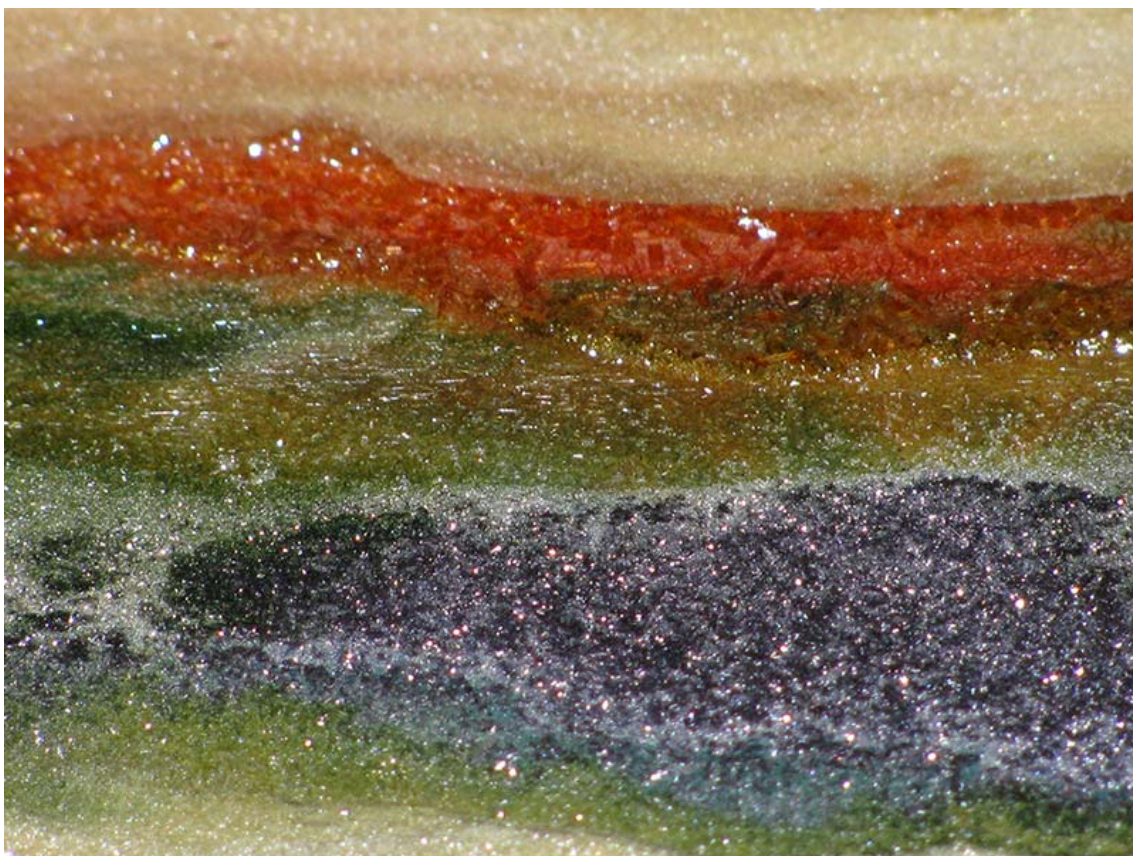
(*) Se recomienda proteger con plástico o cartón la mesa donde vamos a dibujar o pintar, o hacerlo sobre una bandeja de plástico, porque se trabaja con el papel en horizontal. Así evitamos que haya escurriduras sobre la mesa.

Experimento

El aspecto de las cristalizaciones sobre papel depende de numerosas variables, pero para este experimento vamos a limitarlas. Solo vamos a valernos de aditivos para modificar la forma y el color habitual de los cristales.

Para cambiar la morfología del fosfato utilizaremos el aluminio y para que sean del color que queramos, usaremos colorantes alimentarios.

Prepararemos varias pinturas de diferentes colores, unas con aluminio y otras sin él. Así obtendremos texturas con el efecto del brillo sedoso de los cristales alargados o aciculares y otras con el efecto del brillo de cristales más equidimensionales, que vistos de cerca parece el de las estrellas vistas desde aquí.



Cristalización de fosfato monoamónico sobre papel

Ahora empieza la parte experimental. Para el cálculo de las cantidades supongamos que queremos usar tres colores: azul, amarillo y rojo, pero pueden ser cualesquiera.

Pondremos a hervir en 100 ml de agua la lámina de aluminio, plegada o arrugada, durante 10 minutos. Retiraremos dicha lámina y pondremos la solución obtenida (agua con aluminio) en un frasco o botella hasta que se enfríe.

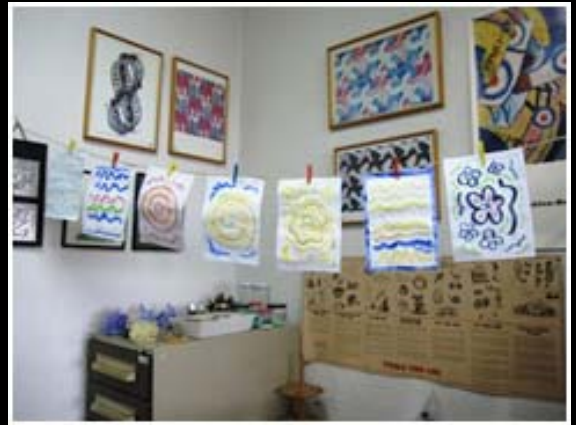
En uno de los vasitos pondremos 25 ml de agua, 15 g de fosfato y 2 g del colorante azul, por ejemplo. En otro, 12 ml de agua y 13 ml del agua con aluminio con 2 g de colorante rojo y en el tercero 25 ml de agua con aluminio, los tres con las mismas cantidades de fosfato. Se puede hacer la combinación que se quiera de estos aditivos, siempre que nos aseguremos que la solución final está saturada en fosfato monoamónico (15 g de fosfato en 25 ml de agua).

Agitaremos bien cada experimento con una cucharita, para que se disuelva el fosfato y se mezclen todos los componentes de esta solución, o pintura.

Con ayuda de los pinceles y cucharitas, pintaremos nuestro papel, en el que al final habrá color blanco (en donde no pintemos), rojo, amarillo y azul. Si unimos los charquitos de colores que hayamos hecho, tendremos además las transiciones a verde, a naranja, a marrón, a gris oscuro y a morado. El brillo dependerá sobre todo del tamaño de los cristales. Combinar los brillos de los cristales mayores con el mate de los cristales diminutos, es un arte.

Debemos tener cuidado de coger solo líquido con el pincel o la cucharita, no los cristales del fondo del recipiente, o filtrar la disolución antes de empezar a pintar.

Al acabar, dejarlo en horizontal a ser posible, para que no gotee.



CRISTALIZACIÓN INSTANTÁNEA DE UNA DISOLUCIÓN SOBRESATURADA DE ACETATO DE SODIO

Un líquido en el que crecen cristales inmediatamente y genera calor: este experimento tan espectacular es fácil de realizar preparando una disolución sobresaturada y dejándola enfriar con cuidado.



Secuencia de formación de los cristales de acetato de sodio

Materiales necesarios:

160 gramos de acetato de sodio trihidratado ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

30 mL de agua

Un matraz Erlenmeyer de 250 u otro recipiente de similar capacidad (mejor si tiene las paredes inclinadas)

Un vidrio de reloj, la tapa de una placa Petri o un platito

Un horno microondas (o un baño maría y una fuente de calor)

Procedimiento

La disolución debe prepararse al menos media hora antes para que se pueda enfriar despacio. Es necesario comprobar que el recipiente está bien limpio y no contiene partículas de polvo ni otros restos que podrían provocar la cristalización.

Si es posible, se aconseja preparar dos recipientes por si en uno de ellos se produce la cristalización espontáneamente antes de tiempo.

Se introduce el acetato de sodio en el recipiente con cuidado de separar unos pocos granitos de acetato que actuarán como semillas. Se añade el agua y se calienta, bien en el microondas o bien en el baño maría.

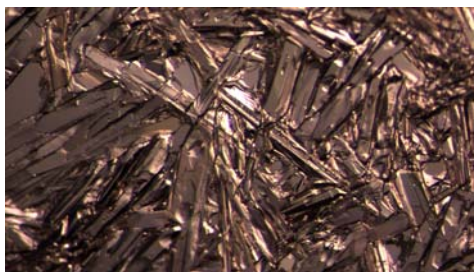
En el microondas es necesario vigilar que no se sobrecaliente y se salga fuera del recipiente al hervir. Lo mejor es calentarlo durante un par de minutos, sacarlo con cuidado de no quemarse y agitar suavemente el recipiente para homogeneizar la mezcla, introducirlo de nuevo en el microondas y continuar hasta la total disolución del sólido.

Una vez que esté completamente disuelto, se tapa el recipiente con el vidrio de reloj u otro objeto para que no entre polvo y no se evapore el agua.

Se deja enfriar sin tocar ni mover el recipiente tapado en un lugar donde no haya vibraciones hasta que esté a temperatura ambiente.

Una vez está listo (a temperatura ambiente), se destapa con cuidado y se realiza el experimento. Para ello, se deja caer la semilla y, de forma instantánea, se verá cómo se forman cristales que radian desde la semilla hasta llenar todo el recipiente, haciendo que la disolución cristalice en su totalidad en apenas unos segundos. Mientras esto ocurre, se produce también un desprendimiento de calor, de forma que el recipiente se calentará mucho (¡cuidado!).

Una vez realizado el experimento, es posible volver a calentar el recipiente para volver a la disolución sobresaturada y repetir el proceso cuantas veces se quiera. Es posible que, en sucesivos calentamientos, se pierda algo de agua por evaporación y la disolución se concentre demasiado, por lo que al enfriarse, cristalizará antes de tiempo. Si esto ocurre, añadir unos pocos mililitros de agua (una cucharadita) y calentar de nuevo.



Cristales de acetato de sodio vistos a la lupa

Fundamento

Conceptos como la cristalización, la nucleación, el cambio de estado o el intercambio de calor se pueden comprobar de una manera divertida y espectacular a través de este experimento.

Una disolución sobresaturada de acetato de sodio puede mantenerse líquida en condiciones normales, pero la forma más estable de este sistema es el estado sólido, por lo cual se encuentra metaestable. Cualquier pequeño aporte de energía (un golpe, vibraciones) o la introducción de un objeto (varilla, granito del propio acetato o incluso tocar la disolución con un dedo) destruirá esta situación de equilibrio precario y llevará al sistema a su estado preferido, por lo que la disolución se transformará en sólido por medio de la cristalización. Este proceso de solidificación viene acompañado de un desprendimiento de calor (proceso exotérmico, con un desprendimiento de calor de 264–289 kJ/kg).

Esta propiedad se usa para la fabricación de bolsas de lo que se denomina hielo caliente, utilizadas por los montañeros (calentadores de manos) o para aliviar dolores musculares. En su interior contienen acetato sódico junto con un pequeño disco metálico, que al doblarse produce la nucleación de los cristales y la solidificación del acetato de sodio, desprendiendo calor.

Riesgos

No existen riesgos químicos en este experimento. La única precaución que hay que tener en cuenta es la del manejo de recipientes calientes, tanto en la preparación de la disolución como en el proceso de cristalización.

CRISTALIZACIÓN RÁPIDA DEL SULFATO DE COBRE



Con este experimento se puede ver que el tamaño de los cristales está relacionado con el tiempo que han tardado en formarse: los cristales grandes necesitan tiempo para que los átomos o moléculas que los forman puedan ordenarse en su estructura, mientras que si su formación ha sido rápida serán de pequeño tamaño.

En el experimento también se va a comprobar que los cristales de una sustancia soluble se forman al evaporarse las disoluciones de dicha sustancia.

Materiales necesarios

Placa Petri (platito)

Vaso de precipitados (vaso)

Sulfato de cobre sólido $[\text{Cu}(\text{SO}_4) \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$

Acetona

Preparación

- 1.- En un vaso de precipitados se ponen unos 50 ml de agua y se añade sulfato de cobre hasta que no pueda disolverse más (unos 50 g).
- 2.- Vertemos en unas gotas de esta disolución saturada en el fondo de la placa Petri. Mejor que no llegue a cubrir por completo el fondo. Introducimos un trozo de hilo de forma que sobresalga por ambos lados.

Formación de los cristales

- 3.- Añadiendo una gota de acetona a la disolución, se observa que empiezan a formarse cristales del sulfato disuelto alrededor del hilo.
- 4.- Añadiendo más acetona la evaporación es más rápida y se acelera la cristalización.

También se obtienen buenos resultados impregnando una hoja de papel de dibujo con acetona y después echar gotas del sulfato (con un pincel, por ejemplo). Las gotas se evaporan rápidamente y se forman círculos de cristales de sulfato.

En esta práctica se produce la cristalización rápida y son cristales pequeños. Si la disolución sobrante se concentra y se deja en reposo varios días, se obtienen cristales grandes.

CRISTALES DE AZÚCAR



Ingredientes.-

- 1/4 litro de agua + 1 Kg de azúcar. Puede también emplearse algo menos de azúcar (una parte de agua y dos partes y media de azúcar).
- Palillos largos y botes de vidrio (como los de conservas).
 - Lo mejor es utilizar palillos largos -de pincho moruno- y botes altos para que quede más vistoso.

Se pone el agua a calentar y se va disolviendo el azúcar con cuidado de que no se pegue. Es importante tener en cuenta que las disoluciones de azúcar en agua pueden alcanzar temperaturas superiores a 100 °C, por lo que hay que manejarlas con cuidado para evitar quemaduras.

Cuando esté preparado el almíbar se sumergen los palillos en él, se sacan, se introducen en azúcar (los granitos de azúcar quedarán pegados) y se dejan secar.

El almíbar se vierte en un frasco de vidrio (con cuidado de que éste no salte).

En el caso de usar la proporción más elevada de azúcar empezarán a observarse posos en el fondo del recipiente. En este momento se pueden introducir los palillos, se tapa todo con una gasa y ¡a esperar! (a las 24 horas suele haber buenos resultados).

Si se ha utilizado menos azúcar, no se suelen observar los cristales tan rápidamente. En este caso se deja enfriar la disolución, se meten los palillos, se tapa con la gasa y al cabo de una semana mínimo, empezarán a verse los cristales.

- Los palillos llevan la semilla de los cristales. Al hacerlo de esta manera sirven como chupa-chups para los niños (y los grandes). Pero, si no se van a comer después, también se puede pegar el azúcar en los palillos con pegamento (es más seguro y más rápido).
- Es muy frecuente que las semillas se disuelvan. Pese a ello, los cristales de azúcar terminan formándose en torno al palillo. El éxito está asegurado.

CRISTALIZACIÓN A PARTIR DE UNA FASE VAPOR

Hay muchas sustancias que se subliman y se condensan cuando existe un gradiente de temperatura adecuado. Es decir, pasan de la fase sólida –cristales– a la fase gaseosa por el calor, y luego vuelven a cristalizar al bajar la temperatura.

Por ejemplo algunos aminoácidos como la amino-valina. Este compuesto tiene moléculas de mano derecha (dextrógiras) e izquierda (levógiras) y cristaliza en cristales que contienen las dos moléculas.

Cuando se calientan los cristales de amino-valina, estos se subliman convirtiéndose en un gas que al bajar la temperatura vuelve a cristalizar. Pero sorprendentemente, estos nuevos cristales formados a partir del vapor solo tienen moléculas de una mano: o son de izquierda o son de derecha.

Esto es muy importante en diferentes campos como el farmacéutico y en otros relacionados con la investigación del origen de la vida.

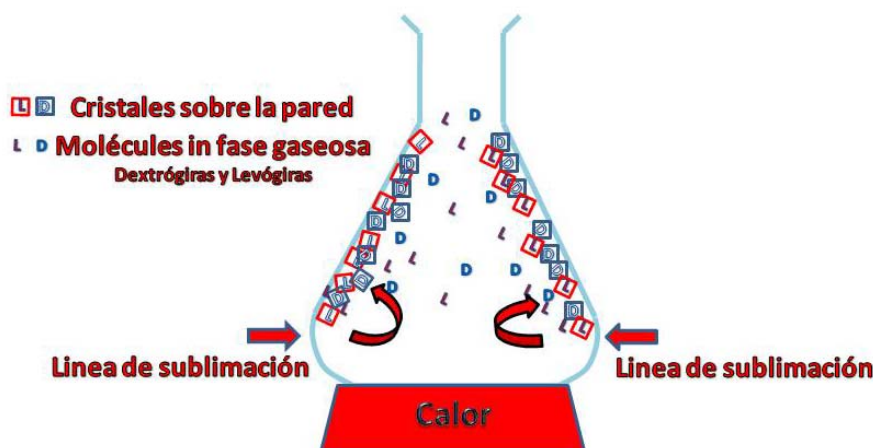
Receta:

Frasco Erlenmeyer de 1 litro.

Poner a calentar el frasco vacío en un calentador que está a unos 400 °C o más.

Cuando está caliente (unos minutos) se echa una punta de espátula con aminoácido valina LD.

Inmediatamente se forma una nube espectacular de sublimado que comienza a cristalizar en las paredes del frasco.



Cristobal Viedma, Pedro Cintas (2011). "Asymmetric amplification in amino acid sublimation involving racemic compound to conglomerate conversion". Chem. Comm., 47, 671-673 DOI: 10.1039/CoCCo4271D.

Cristobal Viedma, Pedro Cintas (2012). "Enantioenrichment in sublimed amino acid mixtures". Chem. Comm. DOI: 10.1039/C2CC18129K. Communication.

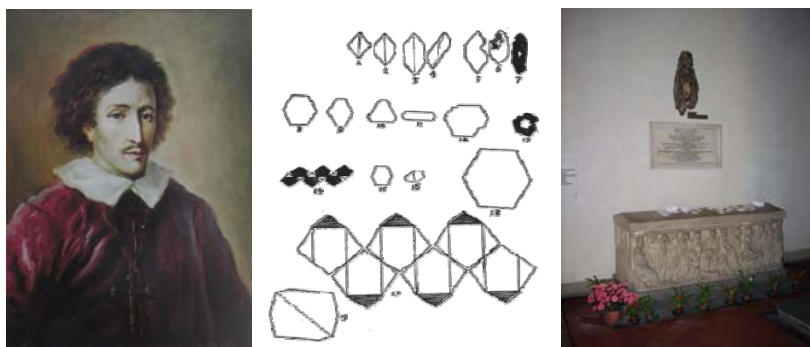
VISITAS GUIADAS

HISTORIA DE LA CRISTALOGRAFÍA EN EL MUSEO DE LA GEOLOGÍA

LOS ALBORES DE LA CRISTALOGRAFÍA

S XVII.- Copia de dos retratos de **Nicolas Steno** (1638-1686), uno de ellos atribuido a Jacopo Pellisanto. Se le considera el **fundador de la Geología** y de la **ciencia de los cristales**, además de ser uno de los científicos más brillantes y completos del Renacimiento. En su libro, “**El Pródromo**” (1669), cuyo título traducido sería: “Introducción a un discurso sobre un cuerpo sólido incluido de forma natural dentro de otro cuerpo sólido”, describe de forma bastante exacta las morfologías de algunos cristales, a los que llama “cuerpos angulosos”, dibuja sus caras e incluso prepara plantillas recortables, para la construcción de dos modelos cristalográficos tridimensionales representativos de la hematites [1].

Es además el único científico que ha sido beatificado (1988). Sus restos descansan en la Iglesia de San Lorenzo de Florencia (fundada por Cosme de Médici). Sobre el sarcófago romano original dentro del cual están sus restos, los visitantes acostumbran dejar notas y cartas.

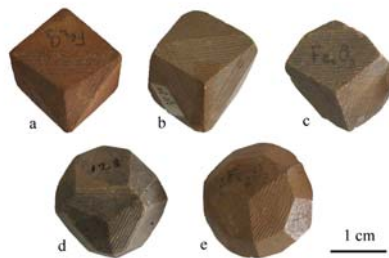


LOS PRIMEROS SÓLIDOS CRISTALOGRÁFICOS

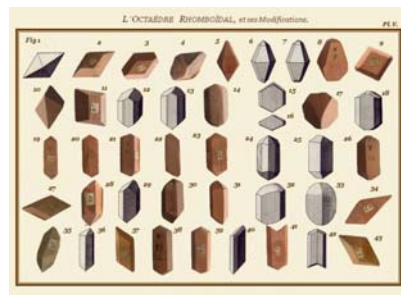
S XVIII.- Colección de **Sólidos Cristalográficos** de cerámica, diseñados por **Jean Baptiste Romé de l'Isle** (1736-1790). Esta colección y otras similares que hay conservadas en algunos museos europeos fueron los primeros modelos cristalográficos de la historia. Estos modelos, realizados con otros materiales, se siguen utilizando en la actualidad para la enseñanza de la Cristalografía [2].

Romé de l'Isle está considerado como uno de los fundadores de la Cristalografía. Se inició como coleccionista aficionado de minerales y llegó a consagrarse como un gran experto en la materia. Nació en Gray (Francia) en 1736 y realizó sus estudios de Humanidades en París. Tras un período transcurrido como oficial de Marina, durante el cual aprovechó para incrementar su colección de minerales, regresó a París en 1764, donde encontró trabajo como conservador de algunas colecciones mineralógicas privadas. Estaba muy interesado en justificar las variadas morfologías de los minerales que tan bien conocía y a raíz de su incesante investigación en ese campo, comprendió la

importancia de disponer de unas buenas reproducciones de sus minerales para trabajar con ellas. Se le ocurrió moldearlas con arcilla y cocerlas después en un horno.



Él y sus colaboradores (**Françoise Louis Swobach-Desfontaines**, **Arnold Carangeot**, ...) pusieron tanto empeño en el proyecto que en pocos años habían producido cientos de modelos cristalinis, de unos 3 cm de envergadura, con formas y ángulos muy constantes y precisos. En 1783 publicó su libro *Cristallographie* que contenía cientos de dibujos y descripciones de minerales. Este libro era muy caro así que, con idea de mejorar y activar las ventas, decidió ofrecer a cada comprador una colección de 448 modelos de cerámica, que representaran a todos los minerales descritos en dicho libro. El éxito fue rotundo y en pocos años se vendieron muchas de estas colecciones por toda Europa [2].



Françoise Louis Swobach-Desfontaines (1745- desaparece en 1792), escultor, grabador, pintor y mineralogista de la época, fue el encargado de realizar estos modelos. De el se conservan numerosos grabados de minerales y otros temas relacionados con la Historia Natural (Wilson, 1995). También se le conoce por ser el padre de Jacques François Swobach (1769-1823) que fue maestro pintor de la Real Fábrica de Porcelana de Sèvres [3].

LOS SÓLIDOS CRISTALOGRÁFICOS MODERNOS.

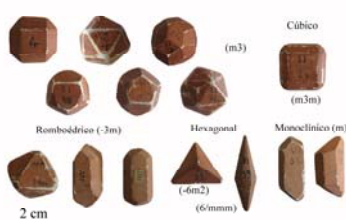
S XX.- Colección de sólidos cristalográficos de roble. Después de Romé de L'Isle hubo otros científicos que realizaron sus propias colecciones empleando materiales diferentes, entre los que destaca la madera. Esta fue introducida hacia finales del s XVIII por René Just Haüy (1743-1822), contemporáneo de Romé, algo más joven y declarado competidor suyo. Haüy también escribió un libro de mineralogía con cientos de dibujos, y también ofreció colecciones de modelos

que los representaran, pero esta vez de madera, más manejable y fácil de trabajar.



Especialmente apreciados fueron los de madera de peral, que permite obtener caras lisas, aristas afiladas y ángulos diedros muy precisos. En general, la calidad y perfección conseguida era muy alta y algunos modelos, especialmente las maclas y los modelos de caras escalonadas, aparecen hoy como obras maestras de la artesanía de talla en madera fina. Sin embargo, a pesar de que la madera de peral mantenía una posición muy destacada, los modelos se fueron fabricando también con maderas diferentes y otros materiales como yeso, metales, vidrio, cartón, etc.

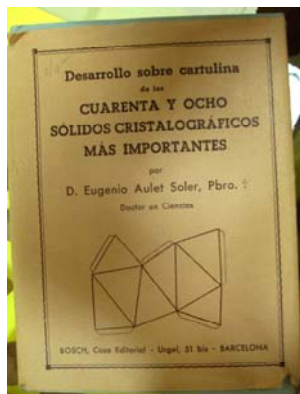
Entre los ejemplares de cerámica de Romé se exhibe una pequeña **colección de sólidos cristalográficos de yeso**. Son 14 piezas que muestran unas características morfológicas tan simétricas, regulares y definidas, que bien podrían haber sido realizadas con un molde. Están decoradas con una película arcillosa preparada a partir de una mezcla en la que se ha identificado una proporción muy elevada de Zn. Este elemento pudo incorporarse a la mezcla en forma del pigmento conocido como blanco de Zn (ZnO). Dado que dicho pigmento no empezó a utilizarse de forma generalizada en Europa hasta **1837**, es previsible que este grupo de piezas sean de esa época o posteriores.



Estos modelos, especialmente los de madera, fueron comercializados por la firma alemana “Krantz” (fundada en Bonn por August Krantz, en 1833) que, a finales del siglo XIX, había diseñado alrededor de 900 prototipos que han servido desde entonces para la enseñanza de la Cristalografía en todo el mundo. En el inicio del siglo XX, un sobrino de August, Friedrich Krantz, amplió las colecciones de madera, fabricó modelos articulados con piezas giratorias, de todos los tamaños, y ofreció otras colecciones de vidrio, con los ejes cristalográficos representados por hilos de seda de colores o con otras formas del Sistema correspondiente (holoedrías, hemiedrías, ...) hechas de vidrio o cartón, situadas en el interior, etc.

En algunas vitrinas del Dpto. de Cristalografía y Mineralogía de la Fac. de CC Geológicas se expone una **colección de modelos cristalográficos** con estas características: **realizados con madera de peral, extra-grandes y articulados**. También hay **otros ejemplares de vidrio** realizados por la firma alemana Krantz, que aún conservan las **etiquetas originales**.

Colección de fichas geométricas recortables para la construcción de modelos cristalográficos (*Desarrollo sobre cartulina de los cuarenta y ocho sólidos cristalográficos más importantes*. Eugenio Aulet Soler Editorial: Bosch., Barcelona, 1966).



Ya se vio anteriormente que Steno fue también el primero en publicar plantillas para fabricar estos modelos (un recortable que, una vez montado, simulaba ser un cristal de hematites) [4].

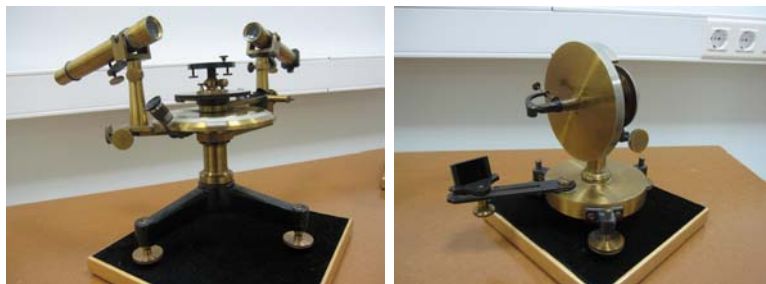
INSTRUMENTOS DE MEDIDA

GONIÓMETROS

Goniómetros de contacto. Cabe destacar aquí un acontecimiento muy importante, estrechamente relacionado con la fabricación de estos modelos, que fue la invención del “goniómetro de contacto”, por parte de uno de los ayudantes de Romé, el Señor **Arnould Carangeot (1742-1806)**, para facilitar las medidas de los ángulos entre las caras cristalinas de las especies minerales que estudiaban y que iban a representar. Este aparato se describe y se explica su uso en el Volumen IV del libro “Cristallographie” (1783), [5].



Goniómetros de reflexión.- Esta técnica fue evolucionando desde entonces y se fueron fabricando goniómetros cada vez más precisos. En el museo se pueden contemplar algunos ejemplares de latón dorado, similares a otros fechados en 1900 (de reflexión **de círculo horizontal y de círculo vertical, tipo Wollaston** [6]). En ambos casos, el sistema de iluminación era una vela o un mechero Bunsen:



También hay un ejemplar más moderno, de círculo horizontal marca **Fuess R.**, con sistema de iluminación eléctrico. De hierro negro. Con cabeza goniométrica que ajustable según X, Y y Z (basculante en los ejes X, Y y giratoria alrededor del Z).



MICROSCOPIOS E INSTRUMENTOS ÓPTICOS

Otra técnica muy importante para el estudio de los cristales es el microscopio de polarización que permite determinar sus propiedades ópticas. Hay tres ejemplares de **latón dorado de principios del siglo XX, marca Leitz**. Y uno de **marca Zeiss**, presumiblemente **anterior a 1880** (ya que aún no tiene los objetivos incorporados en el sistema revolver).



Entre los accesorios del microscopio Zeiss apareció una **lámina de mica ($1/4 \lambda$)** con el nombre **“Macpherson J”** grabado en un lateral.



José Mcpherson (1839 – 1902) fue considerado “maestro de maestros” pese a no tener ninguna titulación oficial. Introdujo en España la técnica petrográfica de láminas delgadas que aprendieron en su casa-laboratorio de Madrid geólogos tan ilustres como Quiroga, Calderón o Hernández-Pacheco. Esta lámina, presumiblemente suya, sería una de las pocas pertenencias que se conservan de este famoso científico (en su testamento legó a Francisco Giner de los Ríos su valioso patrimonio científico y Giner, para asegurar su mejor aprovechamiento a la hora de prestar servicio tanto a la enseñanza como a la ciencia, lo puso a disposición de la Institución Libre de Enseñanza. Allí cumplió estas funciones desde entonces hasta la destrucción de su contenido en las primeras semanas de postguerra, en 1939 [7]

En torno a la Cristalografía óptica hay otros dispositivos más modernos que aún así ya son leyenda al haber sido desplazados por otras técnicas de estudio e identificación más sofisticadas y cómodas de manejar. Entre ellas podemos citar:

Una **platina universal**. Este accesorio del microscopio inventado por el insigne matemático y cristalógrafo **E.S. Fedorov (1853-1919)** sirve para determinar propiedades ópticas de los cristales en cualquier posición del espacio. En relación con este instrumento se conserva también un **modelo de madera** diseñado con fines docentes, para enseñar a manejar la platina en clase de óptica cristalográfica.



Bancos de óptica:

- De latón dorado de finales del XIX)
- De hierro pavonado negro (años 50)



Tubo para ensayos de difracción óptica acoplado a un espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff (1860).



LA ENSEÑANZA DE LA CRISTALOGRAFÍA

MODELOS DE INDICATRICES ÓPTICAS ARTICULADAS, realizados en madera (estas son superficies matemáticas que representan la variación experimentada por el índice de refracción de la luz cuando esta penetra en los medios cristalinos).

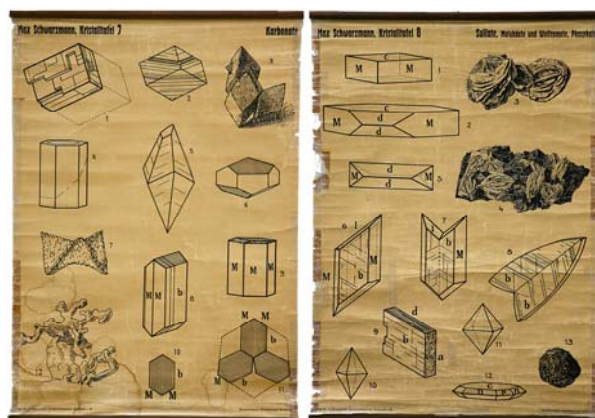


Mcpherson fallece el año que **Lucas Fernández Navarro** (1869-1930) saca por oposición la cátedra de Cristalografía de la Universidad Central (1902). Lucas fue el segundo catedrático de Cristalografía de España (el primero lo había sido Francisco Quiroga en 1887). De Lucas Fernández Navarro se conserva un espectacular CATÁLOGO DE LA COLECCIÓN DE CRISTALES DEL DPTO. escrito a mano por él, su manual de Cristalografía, una colección de etiquetas históricas y un ejemplar de ortosa maclada (Baveno), citada en su catálogo, que fue comprada en 1906 a la firma alemana Krantz.



CARTELES DE FORMAS CRISTALINAS: "KRISTALLTAFELN (1 a 9)"

Publicados en 1907 por Max Schwartzmann (Maximilian Helmuth Siegfried). Se trata de 9 láminas enteladas, de 70 x 99,5 cm. En ellas se muestran **formas cristalinicas características de diferentes sistemas y clases minerales**. La mayoría de estos dibujos son actualmente unos clásicos de los libros de Cristalografía y Mineralogía.



OTROS MODELOS CRISTALOGRAFICOS

De finales del XIX o principios del siglo XX se tienen otros modelos tridimensionales, fabricados con diferentes materiales, presumiblemente adquiridos a "Krantz", muy útiles para la enseñanza de la Cristalografía: **representaciones tridimensionales de algunas Clases de Simetría, cruces axiales, estructuras de bolas y modelos cristalinos de vidrio** (la mayoría depositados en el Dpto. de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Geológicas de la UCM).

LA MODERNIDAD. LOS RAYOS X

Los rayos X fueron descubiertos por Röntgen en 1895 y constituyeron desde entonces una herramienta esencial para la Cristalografía, ya que permitieron demostrar experimentalmente que eran ciertas todas las hipótesis que se habían elaborado para explicar las características del medio cristalino (forma, constitución atómica y propiedades).

Relacionados con este descubrimiento, se pueden contemplar en el museo algunos aparatos y accesorios interesantes:

Tubo de Rayos X modelo COOLIDGE de principios siglo XX



TUBO CONVENCIONAL DE RAYOS X (Se utilizan actualmente en los laboratorios de Cristalografía)



Cabezas goniométricas y colimadores para trabajar con los métodos de “cristal único”



Cámara para trabajar con **crystal único** por el **método giratorio u oscilante**.

Dos prototipos de goniómetros Weissenberg verticales, para el estudio de estructuras cristalinas por difracción de Rayos X (según la técnica de Weissenberg). Fueron **diseñados por José Luis Amorós (et al)** y **construidos en España en la primera mitad del siglo XX** (en el Dpto. de Cristalografía Física del CSIC).



Cámara de Debye-Scherrer, para trabajar con el método del “polvo”



EL CRECIMIENTO DE CRISTALES

Boules de corindón de diferentes colores obtenidas por el **método de Verneuil** (fusión).- Gracias a la teoría del crecimiento cristalino y sus técnicas se han obtenido en el laboratorio infinidad de materiales cristalinos de interés geológico e industrial. En 1902, el químico francés **Auguste Verneuil** describió el proceso comercial de síntesis del rubí. Desde entonces se han continuado cristalizando infinidad de materiales, con y sin equivalente natural, mediante la técnica de Verneuil y otras muchas que se fueron desarrollando a partir de la suya.



REFERENCIAS

- [1] Steno, N. (1669) *De Solido intra Solidum Naturaliter Contento. Dissertationis Prodomus*. 1ª Ed. Sub Signu Stellae. Florencia, 78 p. [Traducción a cargo de L. Sequeiros, 2002].
- [2] López-Acevedo, V. y de Dios Celada, N. (2011) *Los “Modelos Cristalográficos” del Museo de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid*. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica). Tomo 106, Año 2012, 5-25.
- [3] Wilson, W. E. (1995) *Fabien Gautier d'Agoty and his Histoire Naturelle Règne Minéral (1781)*. *Mineralogical Record*, 26 (4), 65-76.
<http://www.minrec.org/artwork.asp?page=1&artistid=47&cat=1>
- [4] López-Acevedo, V. (2014) *Historia de los Modelos Cristalográficos*. Macla. nº 14, 4-11.
- [5] Romé de L'Isle, J. B. (1783) *Cristallographie, ou description des formes propres à tous les corps du règne minéral, dans l'état de combinaison saline, pierreuse ou métallique*. 2ª Ed. L'Imprimerie de Monsieur, 4 vols. París.
<http://books.google.com/books/ucm?vid=UCM531591659X&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [6] Virtual Museum of the History of Mineralogy.
<http://www.mineralogy.eu/gonio/vertical/unsigned05.html>
- [7] Perejón, A. (2009) *Don José Macpherson y Hemas (1839-1902), un científico y tres Instituciones: Sociedad Española de Historia Natural, Institución Libre de Enseñanza y Sociedad Geográfica de Madrid*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Geol., 103 (1-4), 81-95.

Web del Museo de la Geología :
<http://pendientedemigracion.ucm.es/centros/webs/museogeo/index.php>

OBSERVACIÓN DE CRISTALES MEDIANTE MICROSCOPÍA ELECTRÓNICA DE BARRIDO EN EL CENTRO DE ASISTENCIA A LA INVESTIGACIÓN DE TÉCNICAS GEOLÓGICAS

La observación a escala micro- y nanométrica es fundamental para poder conocer e interpretar fenómenos que tienen lugar en cualquier tipo de materiales a una escala imposible de detectar por el ojo humano y por los microscopios ópticos convencionales. Para realizar estas observaciones, es necesario utilizar microscopios electrónicos. La microscopía electrónica de barrido (MEB) se utiliza en cualquier área que trabaje con materiales sólidos y en la que sea necesaria su visualización a microescala, como son las áreas geológicas, químicas, ambientales, agronómicas, arqueológicas, metalúrgicas, geotécnicas, cerámicas, farmacéuticas, ciencias de materiales, etc.

El CAI de Técnicas Geológicas dispone de un microscopio electrónico de barrido con detector de energía dispersiva (SEM-EDX) JEOL modelo JSM-820. El software que utiliza el equipo para la adquisición, tratamiento y evaluación de los análisis es el EDX Oxford ISIS-Link.

Las imágenes se pueden obtener con electrones secundarios y retrodispersados, estas últimas nos dan información de variaciones composicionales de la muestra, mientras que las primeras permiten observar la textura y características morfológicas de las fases analizadas. La escala de trabajo comprende aumentos que van desde pocas decenas hasta 300.000, en condiciones ideales. Con el detector de rayos X (EDX) se pueden realizar microanálisis puntuales, zonales y mapeados de elementos mayoritarios en muestras en polvo, lámina delgada, probeta pulida, rotura natural, etc.

A modo de ejemplo se citan a continuación algunos trabajos que se han realizado con el equipo desde que se da servicio en el CAI:

- Caracterización y descripción de fases arcillosas para estudios paleoambientales, diagenéticos, expansibilidad en ingeniería civil, etc. (Fig. 1)
- Determinación de presencia de hidrocarburos. (Fig. 2)
- Existencia de fases potencialmente problemáticas de la serie etringita-taumasita en obras públicas (Fig. 3).
- Caracterización textural, morfológica y química de fases minerales en el área de la minería, petrología, paleontología y mineralogía en general (Fig. 4).
- Caracterización mineralógica y textural de materiales pertenecientes al Patrimonio histórico y cultural analizando su grado de alteración y/o recuperación (Fig. 5 y 6).



Fig. 1.- Clorita

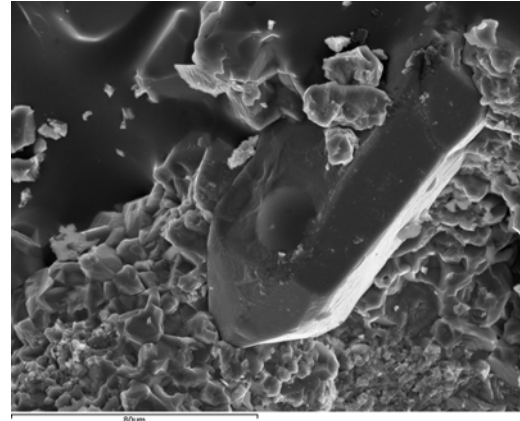


Fig. 2.- Cristal de cuarzo rodeado de hidrocarburos

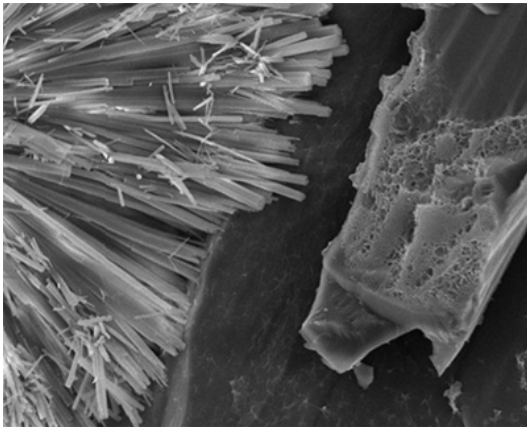


Fig. 3.- Cristales de etringita y yeso en un relleno de talud con problemas de estabilidad

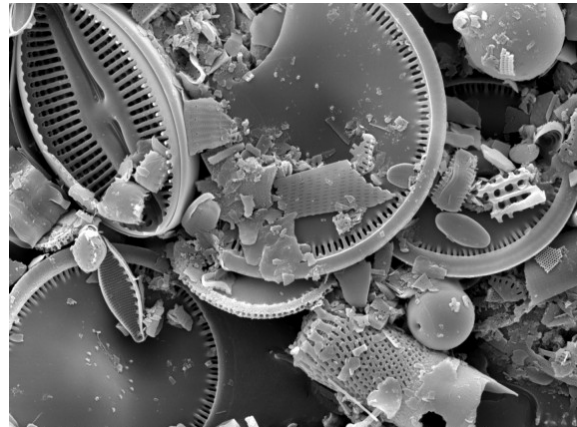


Fig. 4.- Algas diatomeas en una diatomita

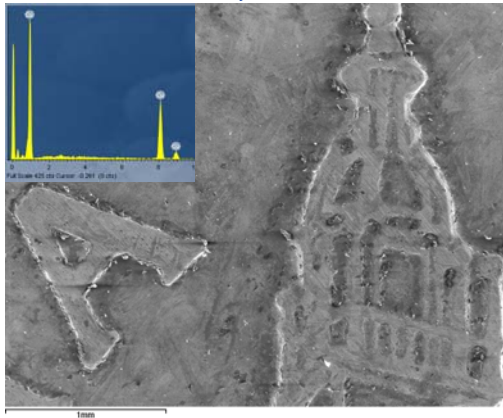


Fig. 5.- Moneda de cobre de 1 céntimo de euro y su análisis mediante EDX

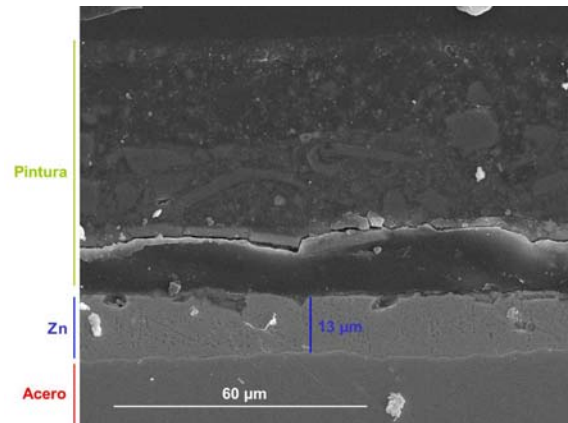


Fig. 6.- Análisis del deterioro del galvanizado de una puerta expuesta a malas condiciones de almacenamiento

<http://www.ucm.es/tecnicasgeologicas>